氣候變遷與糧食生產

楊純明
行政院農委會農業試驗所作物組

摘要

全球之「氣候變遷(climate change)」現象為一極端複雜之議題，不僅反應地表平均氣溫(mean global air temperature; MGAT)的上升，亦牽涉整個空氣層大氣系統的綜合變化，由於其涵蓋地球上的每一個角落，因而成為眾所矚目的焦點。關於氣候變遷的主因，目前已廣泛地被歸諸於自工業革命以來長期溫室氣體(greenhouse gases; GHGs)累增所造成全球溫暖化而衍生的一項結果。這些溫室氣體(或稱溫室效應氣體 greenhouse-effective gases)雖然微量(相較於佔有高達空氣組成 78%以上的氮氣及幾近 21%的氧氣)，卻能夠有效地截取地表放射至外太空的長波輻射(特別是紅外光波段)，因此部分保存了原來預定於夜間外釋的地表輻射能，破壞了地表的日夜能量平衡。另一方面，諸如二氧化碳(carbon dioxide; CO_2)、甲烷(methane; CH_4)、氧化亞氮(nitrous oxide; N_2O)及氟氯碳化物(chlorofluorocarbons; CFCs)等溫室氣體，又會減少大氣對流層中有利的臭氧濃度，使得大氣的臭氧層稀薄而增加紫外線照射至地表的入射量。據估計過去的百年期間，MGAT 上升了 1.3-4.5℃，倘若維持現行遞增速率，推估至 2100 年 MGAT 將上升 1.4-5.8℃ (IPCC 2001a, 2007)。地表氣溫上升將產生許多環境(environment)乃至於經濟社會問題(socio-economic consequences)，並因此為農、林、漁、牧各產業帶來深遠影響，也對人體健康及生物多樣性等造成相當衝擊。在可預見氣候變遷持續進行趨勢下，頻率升高的天然災變(natural disasters)及極端天氣事件(extreme weather events)將嚴重威脅人類生活與生存，並造成民眾日常活動的不便，更將形成糧食供需失調。放眼未來人口增長而糧食供給短缺的可能性，氣候變遷現象被預期將陷數以百萬計民眾於饑餓風險，更將引發另一項重要的「糧食安全(food security)」議題，使得氣候變遷與糧食安全兩項議題密不可分。農林產業本身可以緩解氣候變遷負面趨勢，例如造林、復林及採行改良的農地與牲畜管理等措施，即可助益於減少溫室氣體的排放或濃度。又綜合各項科學數據及事實，氣候變遷給全球帶來了全面性的衝擊，尤以亞非地區(Afro- Asian region)的國家受到的影響最為明顯。為期克服氣候變遷及糧食安全相關的各種問題，以及所引發的各項挑戰，國際社會應當團結一致謀求解決之道，並提供受害較大國家必要的援助與協助。國內部分依照中央氣象局的統計資料，臺灣的氣溫在過去一百年(1901-2001)期間上升了約 1.3℃，其特色是增溫幅度夏季高於冬季、夜晚大於白天。由於可預見的未來國內仍將朝著都市化(urbanization)與工業化(industrialization)方向發展，溫暖化的趨勢將無法避免。臺灣周遭區域將持續籠罩溫暖化氣候，預期會有更加乾燥的冬天和潮濕的夏天。建議政府各部門宜針對氣候變遷與糧食安全相關議(問)題進行長期研究探討，隨時提出因應對策。而在緩解(mitigation)與調適(adaptation)作法上，宜建構配套式系統性

* 通信作者, cmyang@tari.gov.tw
作物、環境與生物資訊 6:134-140 (2009)
Crop, Environment & Bioinformatics 6:134-140 (2009)
189 Chung-Cheng Rd., Wufeng, Taichung Hsien 41362, Taiwan ROC

政策與措施，才能有效解決問題的根源讓國家長治久安。

關鍵詞：氣候變遷、糧食安全、溫室氣體、緩解作法、調適作法。

Climate Change and Food Security

Chwen-Ming Yang*

Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung Hsien 41362, Taiwan ROC

ABSTRACT

Global climate change (CC) is a very complex issue referring not only to an increase in the mean global air temperature (MGAT) but to an integrated system of atmospheric phenomena covering over a large scale of the world. The main cause of this global concern is widely acknowledged attributing to a long-term warming trend owing to the increase of greenhouse gases (GHGs) such as carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and chlorofluorocarbons (CFCs) since the onset of the industrial revolution. These trace gases lead to warming the air temperature by trapping the energy from the outgoing longwave radiation (terrestrial radiation) and may also alleviate the beneficial ozone layer present in the stratosphere. An increase in MGAT in the range of 1.3-4.5℃ is estimated during the past century, and is projected to rise from 1.4℃ to 5.8℃ by the year 2100 (IPCC 2001a, 2007). The increasing MGAT will impose a variety of environmental and socio-economic consequences which in turn would exert profound influences on agriculture, forestry, fishery and livestock and have an impact on human health and bio-diversity. On the trend of CC, natural disasters and extreme weather events will be a serious threat to human survival and activities due to growing imbalances in demand and supply of foods. With the predicted rise in world's population and short of food supply, climate change is expected to put millions of people at risk of hunger and bring forth the importance of food security issue. Agriculture and forestry can play a role in solving problems emerged from climate change through the practices of afforestation, reforestation, and better land and livestock managements. The scientific facts suggest that the impacts of climate change are expected to affect all the countries of global village, especially the countries of Afro-Asian region. To overcome the challenges of climate change and food security issues, the international community should act as a whole with concerted endeavors in providing the needed helps to the suffering countries. In case of Taiwan, the weather statistics declared by the Central Weather Bureau indicated that there was an increase of 1.3℃ in average air temperature in the time period from 1901 to 2001, nearly two-fold of mean MGAT. The increment was higher in summer seasons than in winter months and the increase of nighttime temperature was larger than that of the daytime temperature. With the continue urbanization and industrialization trends, it is very likely that the warming rate will increase in the future to come. The projected warming climate will accompany with a dry winter and humid summer. To mitigate and adapt to the effects of climate change on food security and challenges faced in the present and the future, the government of Taiwan ROC is suggested to take the systematic measures and action plans to solve the problem evolved.

Key words: Climate change, Food security, Greenhouse gas, Mitigation measure, Adaptation measure.

前言

「氣候變遷」與「糧食安全」係全球當前兩項重要的科學及政治議題，密不可分。依照現有的科學證據顯示，自工業革命以來長期溫室氣體(GHGs)累增所造成的全球溫暖化(global warming trend)乃氣候變遷的主因。雖然相較於佔有高達空氣組成 78%以上的氮氣及幾近 21%的氧氣而言，這些 GHGs 含量甚微少，但因為能夠有效地截取地表放射(emit)至外太空的長波輻射(longwave radiation；或稱陸地輻射，terrestrial radiation)，特別是紅外光波段，因此部分保存了原來預定於夜間外釋的地表

輻射能，同時破壞了地表的日夜能量平衡。另一方面，諸如 CO_2、CH_4、N_2O 及 CFCs 等溫室氣體，又會減少大氣對流層(距離地表 10-50 km)中有利的臭氧濃度，使得大氣的臭氧層稀薄而增加紫外線及短波輻射線(< 320 nm)照射至地表的入射量。在此雙重效應之下，累聚於地表至大氣層內的能量逐年增加，形成所謂的溫暖化現象。在過去的兩百年時間，許多人類的活動(例如砍伐森林、燃燒石化能源、產製農產品及運作工商業產業等)不斷地釋放出 GHGs，皆是大幅提升溫室效應(greenhouse effect)的元兇(IPCC 2001b, 2007)。

跨政府氣候變遷專家小組(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)

這些科學數據讓世界氣象組織(World Meteorological Organization; WMO)和聯合國環境計畫(United Nations Environment Program; UNEP)於 1988 年共同合作設立了跨政府氣候變遷專家小組(或譯為政府間氣候變遷委員會)，評估與處理氣候變遷的相關議題。自此 IPCC 成為了全球氣候變遷最權威的機構，在「聯合國氣候變化綱要公約(the United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC)」和「京都議訂書(Kyoto Protocol)」規範下提供氣候變遷完整政策架構與資訊予聯合國及各會員國。根據 IPCC 於 2007 年發佈的第四份評估報告書(the 4th assessment report; AR4)，認定 GHGs 的排放與全球平均氣溫的上升有關，自 19 世紀以來增溫了 0.3-0.6℃。倘若 GHGs 的排放仍持續如現狀，則 2030 年前將增溫約 1℃，到了 21 世紀末可能再升高 1.4-5.8℃。然而，由於地球的不同區域有其特殊條件，因此各區域受到的衝擊不盡相同。

氣候變遷的影響

在 IPCC 的第四份評估報告書中也提到，全球的溫暖化可能將縮短熱帶地區的作物生長季，延長高緯度地區的生長期間，在中緯度地區則交互混雜，且這些預期現象將隨著增溫幅度的升高而加強。另有證據顯示，海洋溫度的升高將提升海平面高度，形成另一項嚴重問題。自 1961 年起，海平面已被發現隨著海洋溫度而上升，冰河(川)、冰帽與極地冰山則逐漸融解減少。自 1970 年代起氣候變遷亦增強了降水(雨)型態的變異程度，增加了全球受乾旱影響的面積。而逐時變化中的氣溫與降水型態也改變了地球多數地區極端天氣(如乾旱、熱浪、水患等)的發生頻率及強度，不利於糧食與林木的生產，預期將使得糧食安全問題更趨於惡化。

氣候變遷對農業的衝擊—亞非地區，全球觀注的焦點

氣候變遷對農業造成的衝擊因不同地區而異，高緯度地帶的變化小於赤道地區，且因為暖化使得位於此處的多數已開發國家因而受惠，尤其是穀物生產預期將可獲得提高。赤道及鄰近地區則相反，氣溫上升可能會減少農業的生產量與生產潛力，帶給位於此處的大多數開發中及低所得國家負面的效應。IPCC 的第四份評估報告總結各種模式模擬結果與世界現況資訊，顯示氣候變遷造成的氣溫升高和水資源供給下降，將更進一步加深包括非洲次撒哈拉沙漠帶(sub-Saharan Africa)、亞洲南部及部分中東地區國家的糧食不安全性，預估在 2080 年以前這些適應脆弱地區的 75%人口可能將遭受糧食不足甚至飢荒的威脅(IPCC 2007)。

非洲次撒哈拉沙漠帶

對於許多非洲次撒哈拉沙漠帶的國家而言，更因為惡化的經濟社會發展、不穩定的政治局勢，使得其農業生產比較亞洲國家更形脆弱。不幸的由於地理位置、國民所得及產業發展關係，基本上較貧窮的開發中國家受到氣候變遷的影響遠大於已開發國家(IPCC 2007)。因為缺乏對氣候變遷的調適能力、緩解作法，亦無法善用資源或增加糧食進口，非洲次撒哈拉沙漠帶國家的情勢將更

形險峻。因此，這些地區的國家除了氣候變遷引發的相關議題之外，尚需要針對非氣候有關的風險與問題謀求解決對策，否則將更加動盪不安。

環太平洋地區

對環太平洋地區的國家而言，因氣候變遷所衍生的頻繁氣象災害，已對各國整體經建發展帶來嚴重的傷害。諸如洋流的暖化、熱帶風暴(颱風)、洪水及乾旱等氣象災害，都將對糧食生產體系造成損害，使農家(戶)未來的收入逐年降低。因此，為避免嚴重的經濟損失，建立糧食生產回穩機制即十分重要，尤其對氣候變化較敏感的農、林、漁業。其次，由於水分逆境、病蟲害發生、雜草繁衍、土壤肥力衰退及土壤侵蝕等氣象相關災害可能出現新情境，這些海島型國家也有較多機會檢視氣候變遷對其糧食生產系統的影響，以及自身的對應與調適能力。再者，海平面上升和人類活動帶來的負面作用，將進一步對生態與生產環境造成劣質化效果，加深糧食安全危機。很不幸的，大多數環太平洋國家都缺乏因應對策與調適機制，氣候變遷對其等農業生產的衝擊將更加險惡。

亞洲南部

至於南亞洲的國家(如孟加拉、巴基斯坦、印度、尼泊爾等)，IPCC (2007)的預測顯示為受害明顯地區。因為這些國家的人口眾多、生殖率高，卻又瀕臨貧窮邊緣，且絕大多數人民以農為生，其等受到氣候變遷的衝擊更為直接。又由於冬季的氣溫升高幅度高於雨季，預料將增加熱浪與暴雨的發生頻率，使得農作生產明顯下降，因而氣候變遷造成的糧食生產不穩定預期將產生極大影響。

「聯合國氣候變化綱要公約」(1998)指出氣候變遷係影響糧食安全的主要因素之一，氣候變遷非但形成全球溫暖化趨勢，尤有甚者可能將造成全球性的饑荒。氣候變遷對農業生產的衝擊源自於其對天氣的效應，不僅改變各個氣象因子(如氣溫、降水、日照等)的變化，也增強了氣候的變異，使得季節與年度之間出現顯著差異。在變化劇烈的生產環境之下，農作物的生長發育無法平順調適，因此未能發揮應有的生產力。舉例來說，氣溫係一年生作物(如小麥、水稻、落花生、菜豆等)產量的主要決定因子，當氣溫變化幅度過大，或最高、最低氣溫極度偏離時，這些農作物的生產潛能當然會受到侷限。換言之，農作物一般雖具有對氣象環境變異的彈性調適機制，但處於超過臨界範圍的異常或極端環境時，仍將因為過度壓力的衝擊而遭受損傷(害)。

氣候變遷對糧食生產與糧食安全的衝擊

由此可知，氣候變遷對糧食安全的衝擊十分明顯，特別是目前農業生產與糧食供需已顯脆弱的地區。在前述許多亞非國家的人民早已陷於貧窮邊緣，難以負擔所費不貲的糧價或無以自由的接近可用資源，尤需要外界更多的關懷與協助。在氣候變遷的情境，農地面積、栽培季節或作物生產潛能均可能愈顯低下，若再加上高漲的能源花費、經常的森林火災與頻繁的天然災害，當地政府和人民必須付出較多努力來克服困境、解決糧食問題。

糧食安全的四個面向

根據世界農糧組織報告(FAO 1996, 2003)的定義，只要當地民眾未能獲得糧食的充分供給與完全滿足，無論經濟或肢體層面，就有糧食安全疑慮和不確定性。換句話說，只要當地糧食無法供應民眾三餐、營養需求或飲食偏好，以維持健康與活力的生活，就可稱為處於糧食不安全環境。因此，欲符合糧食安全定義必須同時滿足(1)糧食充分供給(food availability)、(2)糧食穩定供應(food stability)、(3)糧食自由獲取(food accessibility)及(4)糧食完全利用(food utilization)等四個面向，缺一不可。氣候變

遷對此四面向皆有影響，惟視地區特殊條件和各國狀況而產生不等壓力與結果，除了技術性的調適與因應能力，政治與社會經濟的穩定也有密切關聯。為了降低氣候變遷對糧食生產的衝擊，各國應自我檢視問題所在，對症下藥才能排解病灶振興經濟。

氣候變遷與糧食安全

氣候變遷對國家糧食供需的影響，在直接的作物生產系統效應之外，衍生的產銷鏈流通、糧食價格變動及市場交易調節等問題亦需同時考量。從更廣泛的觀點，農、林、漁、牧均屬於氣候敏感產業 (climate-sensitive sectors)，也都是糧食安全中的一環，凡起因於氣候變遷造成的威脅波動皆必須審慎處理。從偏遠鄉村到都會市區，各種糧食生產來源、產銷管道直至消費者端的所有環節，政府都應當密切觀注嚴肅對待。在能源短缺且價格飛漲的今日，加上肥料、灌溉與運輸等支出，糧食生產成本已日益升高，使得氣候變遷與糧食安全問題更顯棘手。若不能早日瞭解情勢的險竣急迫，及早謀求因應對策，將可能棄國家於危難之中。

可行之緩解與調適作法

所謂"緩解作法"重點在於和緩或減輕氣候變遷引起的衝擊，而"調適作法"則強調順著氣候變遷引起的變化以人為措施來調整與適應新的情境。緩解作法以技術面為主，調適作法多以策略性作為達成。兩者之目的皆在降低氣候變遷造成對民眾生存與生活的各種風險，而由於全球暖化已是既成事實與狀態，各國政府宜將緩解與調適政策列為優先施政項目，尤其是亞非地區能力脆弱的開發中國家。

雖然證據顯示非洲國家並非引起氣候快速變遷的主要元兇，而係工商發達的已開發國家，但是此地區的民眾卻將承受氣候變遷對糧食安全負面效應的最大傷害。大多數專家同意非洲為風險最高的脆弱地區，也是最缺乏能力的地球角落，因氣候變遷造成的農耕季節改變、水資源短缺與資材不足等，將使得小農體制難以招架。又由於農民普遍不具有反應能力，因此緩解與調適作法在於維護農作生產，並給予農民適時援助。例如提供天氣預報與農業氣象資訊，以及時調整農時或變耕栽植農作物；投資農田灌溉與防洪基礎設施，以妥善調節水資源、減輕水患危害；教育訓練農民改進栽培技術與農場經營管理，以提高農作生產及資源(材)管理之效率與效能。此外，供給小額貸款或補助來改善耕作器具與設施，免費供應合適當地氣象環境之作物與品種，以及建構良好的糧食產銷管道等，都會有利於農民進行新情境的必要適應。而不同國家的條件與國情不一，當然，這些作法將需要國際社會的人道參與，並在不同層面上提供人力、技術與經費支助。

固然開發中國家努力的重點主要在於提升農作生產，以滿足人口增長所需糧食，然而更應該關切的該是各種作法是否永續其農業生產。由於操作農業將會製造相當數量的 GHGs，為了因應氣候變遷所採行的緩解與調適作法本身應當助注意 GHGs 的排放問題，以免影響了當地農業的永續發展，或惡化了地球的溫室效應現象。開發中國家為了增加農地面積，經常不當的砍伐、燃燒森林，為了提高農田生產力，則盲目的浮濫施用肥料與農藥。世界銀行報告曾指出除了畜牧業廢棄物排放的 CH_4 與 N_2O，砍除森林加上農業操作貢獻了全球 GHGs 的 26-35%，耕犁及燃燒農業殘留物將釋放大量的 CO_2，水田中有機物質的分解將產生 CH_4 的逸釋，而旱田土壤中肥料的分解則將增加 N_2O 的形成。國際社會在協助開發中國家的同時，應該設法避免類似情事發生，依照各國特殊情況來擬訂其因應策略。分從技術與策略面教導農民如何減少 GHGs，並利用植林、復林、保育性耕作、精準施肥及改良農田與畜產管理等措施來扮演積極角色。從全球性的觀點，解決糧食安全不僅在於強調氣候變遷議題，而應

當從氣候變遷引發的各層面適度切入，採取合理有效的作為來緩解或調適這些負面影響。

國內情境與農業當前挑戰

國內情境

根據中央氣象局的統計資料顯示，氣候變遷確實對國內氣象環境帶來可認知的影響，在 1901 至 2001 年的百年期間氣溫平均上升了 1.3℃，幾乎為全球平均氣溫的二倍。然而不同季節的升溫幅度不一，以夏季高於冬季，因此夏天將更顯炎熱。又夜間升溫幅度高於日間，使得日夜溫差縮小，因此將會負面影響多數農作物的生育及包括水稻在內穀類作物的穀粒充實。其次，統計發現國內降雨的季節性分佈已有顯著改變，發生豪大雨的天數也明顯增加，如此一來必然升高土壤侵蝕與水患發生的風險。綜觀國內都市化與工業化的發展趨勢，國內氣溫未來仍將維持攀升，預期將如 IPCC (2007)之推測冬季更加乾燥、夏季則更趨潮濕。這些氣候變遷帶來的直接與間接效應，必然衝擊國內各產業現行的常態運轉，同時影響社會經濟政治等各層面活動。因此，政府有必要採行政策面作為與行動方案來因應並解決各種可能狀況，保障國內糧食安全和民眾福祉。

國內大氣科學的研究主要由行政院國家科學委員會提供經費支持，農業氣象科學研究經費則泰半來自於行政院農業委員會，然而配置於氣候變遷與糧食安全主題的經費則不多。後者將經費分成‘農委會所屬試驗改良場所’及‘大專院校與法人研究機構’等二大部分。在所屬單位部分，農委會自九十年度起以公務預算方式直接編列，由各單位視其所轄屬地區的特定農業氣象問題研提相對應的研究計畫。九十二年度起將經費改為競爭型計畫管道，由各所屬單位研提競爭型計畫來爭取計畫金額，多年期延續性計畫經費則逐年按比例減少。九十九年度起由於科技計畫研提作業的改變，目前尚無法得知配置金額及經費爭取方式，但是經費的大幅減少則已可預見。

舉凡農業科技發達的國家均擁有蓬勃發展的農業氣象科學與事業，充分善用氣象資源於農業及其他產業之運轉與生產，也大力推動農業氣象學術與事業活動。惟由於國內高等學程僅有氣象科系而無農業氣象科系(僅有課程教授)，且現行農業氣象試驗研究單位之研究人員多屬兼任，使得國內農業氣象科學長期難以揮灑發展，以至於農業生產一直未能充分利用氣象資訊與防災技術，而農業氣象科學也未能發揮應有之功效。加上長期捉襟見肘的計畫經費及乏人妥善維護管理的農業氣象觀測網，如何能夠因應氣候變遷在農業各產業領域提出宏遠規劃與計畫，實在令人憂心。本文乃據此建議政府各有關部門成立由上而下的專案計畫，提供經費專供國內區域性及全臺性農業氣象議題研究計畫的執行，尤其應當邀集相關專長人員共同執行跨學門領域之整合型計畫，才能真正解決整合性氣象議題獲得實質成效。在氣候變遷與糧食安全相關議題的研究上，當首先篩檢出‘在地’焦點，劃分成緩解(mitigation)及調適(adaptation)對策兩部分併行，且依照時程與優先次序區分為短、中、長期探討，並隨時提出因應措施與策略。而在緩解與調適作法上，宜建構配套式系統性政策與行動方案落實於產業，政策與研究兩相循環互動下才能有效解決問題的根源。

緩解與調適作法之農藝面向

從農藝研究人員的角度，關於緩解農作物受到氣候變遷影響的研究方向，謹提供以下一些個人看法。由於降水分佈與頻率變異的加大，可預見水資源供需失調的現象將更明顯，因此(1)灌溉用水調控策略、(2)節水灌溉及(3)節水栽培技術等的研發當屬首要項目。在全球和國內同步暖化趨勢下，氣溫、水溫及土溫將逐漸升高，利用(1)灌溉、(2)覆蓋、(3)風扇及(4)調整行株距等管理措施來降

低植體溫度，乃值得鼓勵的研究題目。氣候變遷所造成地區性或侷地性天氣與氣候的變化，氣象變異幅度的加大，以及氣象災害種類與頻率的改變，可能必須藉著調整(1)栽植日期、(2)栽培制度及(3)經營管理等方法來因應。為了減輕農業操作對溫室效應的負面作用，農政部門可以積極推動(1)減少溫室氣體排放、(2)增加土壤碳蓄存及(3)低資材投入(如肥料、農藥、水資源、能源等)等農耕作法，研擬相關配套栽培管理技術。

針對農作物受到氣候變遷影響的技術面調適研究方向，除了栽植地區的調整之外，以應用遺傳研究成果為主要。前者係指依照氣候變遷對各地區造成的新氣象環境，栽植以合適的農作物或品種(系)，以獲得最佳的環境適應性或最適氣象環境的利用。後者乃指針對預期新的氣象情境，透過傳統及現代生物科技選育出合適的新品種，以適應氣象環境的變化與變遷。諸如(1)低灌溉用水需求、(2)耐和與抗旱、(3)耐高溫、(4)高水分使(利)用效率、(5)高光輻射使(利)用效率及(6)高光合作用效率等項目，皆是符合潮流趨勢的新興方向，而在低水量投入或高氣溫環境仍能維持起碼生產的新品種亦值得探討。

結語

本文綜合文獻資訊和作者觀點闡述氣候變遷及糧食安全相關議題，並試以專注於亞非地區國家面臨的衝擊，再導引出國內農業生產之可能挑戰及可行因應作法。由於氣候變遷的影響廣泛而深遠，又連動各國糧食安全問題，國際社會應當集思廣義謀求各種緩解與調適對策，積極協助脆弱調適能力之開發中國家。而國內亦應該具備中、長期的緩解與調適作法，並研擬短期對應措施來解決當前優先課題，以維護國內的糧食生產與糧食安全。

引用文獻

Food and Agriculture Organization, FAO (1996) Global Climate Change and Agricultural Production: Direct and Indirect Effects of Changing Hydrological, Pediological and Plant Physiological Processes. Rome, Italy.

Food and Agriculture Organization, FAO (2003) World Agriculture Towards 2015/2030: An FAO Perspective. Rome, Italy.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2001a) Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. 881pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2001b) Climate change 2001: Synthesis Report. R. Watson and the Core Writing Team (Eds.) Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2007) Climate Change 2007: Synthesis Report: Summary for Policymakers. The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. World Meteorology Organization. Geneva.